



Sumario

Editorial

Tribuna de debate +

Aula abierta +

Investigación +

Entrevista

Innovaciones de éxito y +

transferencias de tecnología

La I+D en cifras

La I+D en la red

Línea directa con madri+d +

Bibliografía +

Con otro aire

Tribuna de debate

Universidad para la innovación. Una reflexión a partir de las cifras.

En España, la Universidad aglutina gran parte de los recursos humanos y materiales dedicados a investigación y desarrollo. Este hecho, junto con la capacidad creativa que prueba su tasa de contribución a la producción científica nacional, y la relativa buena disposición a la colaboración de las empresas innovadoras españolas, apunta a que la institución universitaria puede actuar de manera más activa como proveedora de conocimiento y tecnología dirigidos a apoyar los procesos de innovación empresarial.

Este artículo contiene una revisión comparada de indicadores, en la que el lector encontrará datos relativos a financiación y ejecución del gasto en I+D, a producción científica y recursos humanos en la Universidad española, y algunas cifras acerca de las preferencias que las empresas muestran a la hora de elegir a sus colaboradores para innovar. Por otra parte, los datos recopilados en el artículo confirman, una vez más, la necesidad de invertir más intensamente en I+D, y la importancia de que esta inversión se incremente también desde el sector privado.

Ana M^a
Bernardos
Barbolla
[bernardos@dit.
upm.es](mailto:bernardos@dit.upm.es)



José Ramón
Casar
Corredera



ETSI
Telecomunicación
Universidad
Politécnica de
Madrid
[www.ceditec.
etsit.upm.es](http://www.ceditec.etsit.upm.es)



1. Introducción.



Las universidades son elementos únicos en el sistema de innovación de un país. Se admite que, entre sus varias misiones, está la de contribuir al crecimiento económico y al desarrollo nacional y regional, valorizando sus resultados de investigación de manera que éstos reviertan en beneficio de la sociedad. La transferencia de tecnología a la industria es una de las fórmulas de las que se puede servir la institución universitaria para lograr este objetivo.

La OCDE (2002b) recuerda que "*el desarrollo de un sistema de innovación depende, cada vez en mayor medida, de la intensidad y efectividad de las interacciones con los principales actores implicados en la generación y difusión del conocimiento*". A tal fin van dirigidas muchas de las políticas de I+D actuales, las cuales se han centrado en la promoción de los vínculos entre el sistema de ciencia y tecnología (en el que se encuentran las universidades) y el sector empresarial. Pocos dudan de la necesidad de fortalecer el nexo entre la institución creadora de nuevos conocimientos por excelencia y el sector productivo, que se vale de ellos para proveer bienes y servicios y crear riqueza.

En Europa, el debate acerca de cómo la sociedad puede aprovecharse de la investigación llevada a cabo por universidades viene cobrando un interés creciente desde principios de los 90 (COM, 2002). La Comisión Europea se ha hecho eco de esta inquietud y, en el papel que atribuye a las universidades en la sociedad del conocimiento, pone de manifiesto la necesidad de intensificar la cooperación entre éstas y el mundo industrial, a escala nacional y regional, con el propósito de centrarse de forma más eficaz en la innovación, la creación de nuevas empresas, y en términos generales, en la transferencia y difusión de los conocimientos (COM, 2003a).

España está situada dentro del grupo de países que la OCDE (2002a) considera que presentan tasas de financiación y ejecución pública de I+D moderadamente altas, y en los que las universidades tienen un peso notable como ejecutoras de I+D^[1]. En muchos países, y en España de forma muy acentuada, la Universidad es el agente que concentra el mayor capital humano dedicado a esta actividad. En 2002, la Universidad española contaba con más de 126.000^[2] profesionales implicados en actividades de investigación y desarrollo (21,31% en ingeniería y tecnología). Por otra parte, durante el sexenio 1996-2001, el 60,4% de las más de 118.000 publicaciones españolas recogidas en bases de datos internacionales, fueron realizadas desde la Universidad (CINDOC, 2004).

Respecto al sector privado, la base tecnológica de las empresas, la concentración y tamaño de las mismas, y también su capacidad de absorción de nuevos conocimientos, son todas variables que explican el hecho de que las relaciones universidad-empresa sean diferentes dependiendo del país en que se realicen. Obviamente, cuanto más basada en la ciencia o en la tecnología está una empresa, más frecuentes y sencillas se intuyen sus relaciones con la universidad. Como refleja el análisis del Sistema Español de Innovación que ha efectuado Cotec en el año 2004 (COTEC, 2004a), cada vez son más las empresas que recurren al sistema público de I+D, y también es cada vez mayor su frecuencia de interacción. Sin embargo, la gran parte de los contratos que se celebran están aún dirigidos a abordar problemas muy alejados de la frontera del conocimiento. Queda, por tanto, un considerable espacio para aumentar la implicación estratégica de la industria en las alianzas con las universidades, tanto en intensidad como en objetivos científico-tecnológicos.

En la primera parte de este artículo se revisan comparadamente algunos indicadores de financiación y gasto en I+D. En particular, se explora la evolución y situación del gasto total en I+D, su distribución por fuentes de financiación, la fracción destinada a I+D universitaria y la ejecución por sectores en EEUU, Japón, la Unión Europea^[3] y España (se añaden

algunos cuadros al margen del texto con datos de la Comunidad de Madrid).

A continuación, se resumen algunas cifras de productividad científica y recursos humanos de la Universidad española, para terminar con un breve análisis de las prácticas de cooperación universidad-empresa.

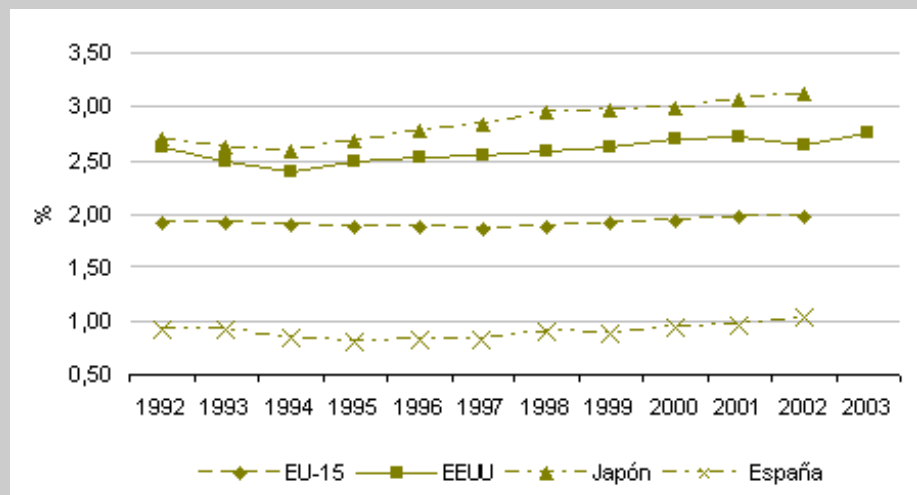
La situación de la Universidad reflejada por los diferentes datos: elevado porcentaje de ejecución de la I+D atribuido a esta institución, disponibilidad de recursos humanos, y resultados positivos en cuanto a producción científica; junto con la cada vez mayor tendencia de las empresas a buscar socios universitarios y a participar en su I+D, ponen de manifiesto el considerable potencial de esta institución como productora de conocimiento y tecnología útiles y susceptibles de ser aplicados para la innovación.

2. Situación del gasto en I+D en las universidades

La producción de conocimientos científicos y tecnológicos es un factor esencial para el crecimiento duradero de las economías, en un contexto de diversificación de la competencia, internacionalización y transición hacia una sociedad fundamentada en el conocimiento, en el que el peso de los sectores económicos dependientes de los avances de la ciencia y la tecnología ha aumentado notablemente. La globalización de los mercados ha llevado a transformar la investigación cooperativa, las alianzas estratégicas y las relaciones entre lo público y lo privado en el núcleo de la innovación, de la competitividad industrial y del crecimiento económico (OCDE, 2002c). Conscientes de ello, los países de la OCDE han continuado su inversión en conocimiento (I+D, enseñanza superior y software) durante la última década.

Gasto total en I+D

En el conjunto de los países de la OCDE, el gasto interior bruto en I+D continúa creciendo, aunque también lo hace la diferencia entre países. Estados Unidos, Japón y la Unión Europea han seguido la misma tendencia a lo largo de la década de los 90: vieron disminuir el gasto realizado en la primera mitad del decenio, y remontaron a lo largo de los últimos cinco años. En cuanto a la tasa de crecimiento del gasto en I+D, Estados Unidos y la UE-15 presentan valores muy parecidos (COM, 2003c). El gasto estadounidense creció anualmente de media en el período 1997-2001 un 4,8%, siendo 4,5% la tasa de crecimiento de los primeros quince países comunitarios. A pesar del desarrollo favorable que se está experimentando en la UE-15, la diferencia de gasto en términos absolutos en I+D respecto de los Estados Unidos, sigue aumentando a favor de EEUU.



Fuentes: Eurostat (NewCronos) e INE ^[4] (Indicadores de Ciencia y Tecnología 2002).

Figura 1. Evolución del porcentaje del producto interior bruto dedicado a I+D.

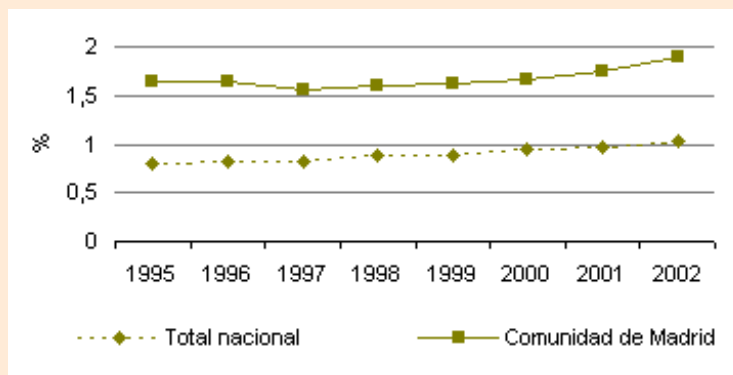
La Unión Europea expresó su preocupación por esta realidad en la Cumbre que tuvo lugar en Lisboa en marzo de 2000. Para conseguir "*constituirse en la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo*", la UE se propuso aumentar su inversión en I+D. Dos años más tarde, en Barcelona, fijó como objetivo la consecución de una inversión en I+D del 3% en 2010. En 2002, la UE-15 arrojó una tasa de gasto en I+D relativa a su producto interior bruto de 1,98%, siendo 2,64% la de EEUU (*figura 1*). Pese a que la inversión europea en I+D está progresando de forma sostenida, lo hace muy lentamente, lo que aún sitúa a los países comunitarios lejos de conseguir el propósito establecido para el final de la década.

En España, el gasto en I+D respecto al producto interior bruto sólo superó el 1% en 2002 (1,03%). España se encuentra a la cola de la UE en cuanto a este indicador se refiere, junto con Grecia y Portugal.

Durante el período 1997-2001, en el contexto nacional se experimentó una tasa de aumento del 8% (COM, 1003c) en términos de gasto relativo. Este valor es similar a los de Dinamarca (7,9%) y Suecia (8,4%) en el mismo año, pero notablemente inferior al de los países que más crecieron (Grecia, 16,7%; e Islandia, 14,4%).

Cuadro 1. Gasto en I+D en la Comunidad de Madrid.

El gasto en I+D de la Comunidad de Madrid supuso el 31,7% del gasto total efectuado en el país, y fue notablemente superior a la media nacional, llegando a representar, en 2002, el 1,9% del PIB (2.277.822 miles de euros). El crecimiento del gasto durante el período 1999-2002 resultó ligeramente inferior al del conjunto de España, principalmente por el menor aumento de la contribución del sector público. Sin embargo, el sector privado experimentó un ritmo de avance mayor que la media nacional ^[5].



Fuente: INE. "Estadística de I+D. Indicadores básicos 2002" y "La estadística de I+D en España: 38 años de historia (1964-2001)".

Figura C1. Evolución del gasto en I+D respecto al PIB nacional en la Comunidad de Madrid

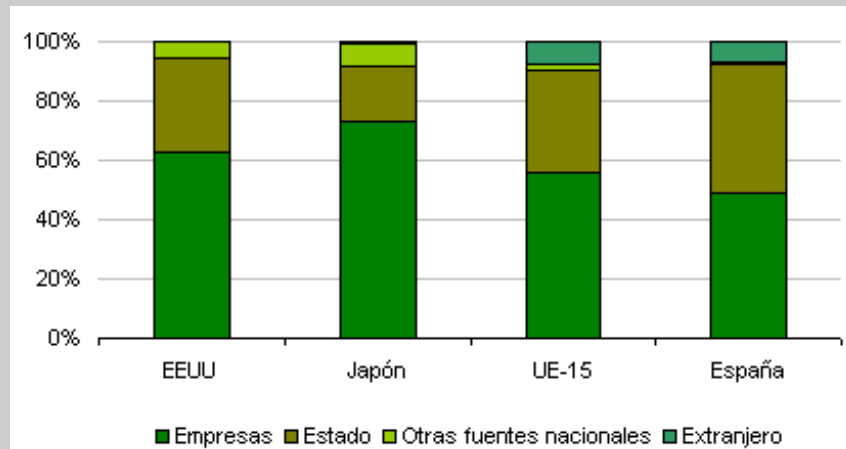
Gasto en I+D en función de las fuentes de financiación

La financiación de la I+D es uno de los instrumentos de los que se sirven los gobiernos para estimular la capacidad de adaptación de los sectores productivos. Las administraciones públicas han venido incrementando su apoyo a la generación y diseminación de conocimiento, con el fin de crear mejores condiciones para la innovación, de tal manera que los gastos en I+D repercutan positivamente en lo económico y en lo social.

La Unión Europea se propuso en la Cumbre de Barcelona conseguir que dos tercios del total del gasto de I+D fuera financiado por fuentes privadas, ya que el nivel y la intensidad de inversión en I+D del sector privado resulta determinante para la competitividad de los países. La media de financiación privada de I+D de los países de la OCDE, en 2001, fue del 63%, siendo así las empresas las principales provisoras de fondos con este fin (OCDE, 2004). Como se observa en la *figura 2*, la UE-15 está por debajo de ese valor con el 55,95% de contribución por parte del sector privado.

La *figura 2* muestra, además, la procedencia de las inversiones en I+D en Japón y Estados Unidos. El país líder en financiación de I+D mediante fondos privados es Japón, que

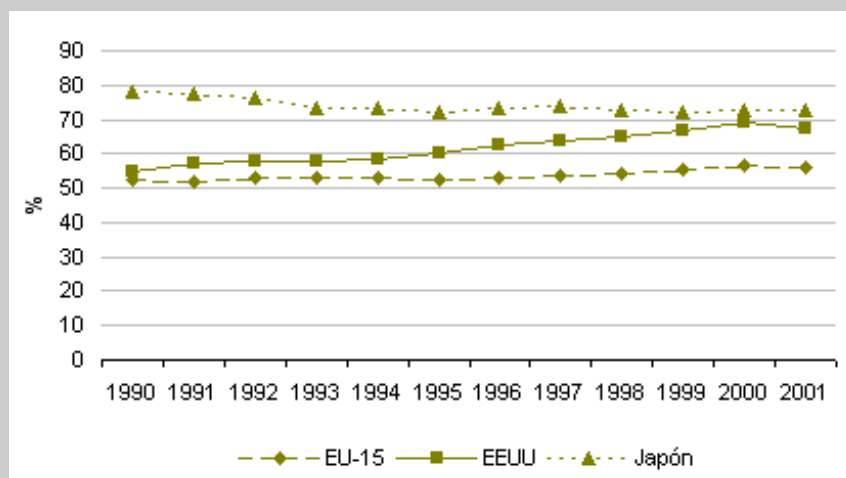
recogió en el año 2001 un 72,98% del gasto total. En Estados Unidos, durante 2003, la aportación de las empresas significó el 63,1% de la inversión en I+D^[6]. Por el contrario, la UE (2001) recibió la mayor inversión por parte del Estado (34,35%^[7]), mientras que la investigación estadounidense obtuvo del sector público un 27,76% del total de sus fondos, y Japón, un 18,49%^[8].



Fuentes: OCDE (Principales indicadores de Ciencia y Tecnología 2003/2, extraídos de MCYT), Eurostat (NewCronos) e INE (Indicadores de Ciencia y Tecnología 2002).

Figura 2. Gasto en I+D según las fuentes principales de financiación. Últimos datos disponibles: EEUU, 2003; Japón y UE-15, 2001; España, 2002.

Durante el año 2003, el gobierno de Estados Unidos presupuestó una contribución pública a la I+D del 1,05% de su PIB, porcentaje que supera en casi 3 décimas a la asignación realizada por los países de la Unión Europea de los quince (0,77%). Estos datos reflejan que, aunque en Estados Unidos el sector público no tiene tanto peso relativo en el gasto total en I+D como en la Unión Europea, su contribución en términos absolutos es mayor. O dicho de otra forma: en Europa, los gobiernos invierten menos en I+D y esta inversión representa, además, un porcentaje mayor de la inversión total en I+D.



Fuente: Eurostat (NewCronos).

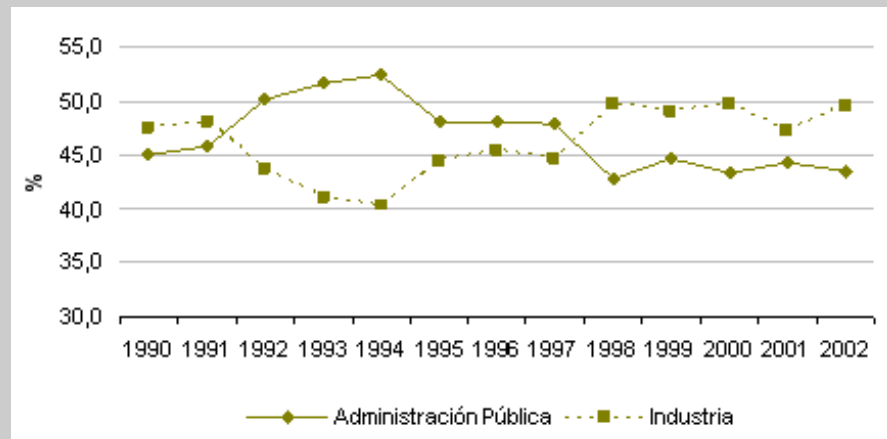
Figura 3. Evolución del porcentaje de gasto en I+D financiado por la industria. Porcentaje sobre el total de gasto en I+D.

Como se puede observar en la [figura 3](#), la Unión Europea ha presentado, en la última década, un lento crecimiento continuado del gasto en I+D por parte del sector privado. En 1990, el porcentaje de inversión sobre el gasto total en I+D realizado por las empresas fue de 52,36% en el caso de la UE-15 y de 54,61% en Estados Unidos. Al final de la década de los 90, la Unión Europea había elevado esta contribución a 56,35%, y EEUU rozaba el 70% de financiación de la I+D por parte de la industria. La UE-15 está lejos, pues, de clausurar la

brecha existente en el ámbito de la inversión privada en I+D con respecto a EEUU, y se encuentra a punto de ser sobrepasada por Japón en cuanto a términos absolutos de inversión se refiere. Durante 2001, en la UE-15, el sector privado invirtió en I+D 114 billones de euros. EEUU alcanzó los 234 billones de euros y Japón, 105 billones (COM, 2003c).

En España, las empresas financian menos I+D que la media de sus homólogas europeas. En 2002, la contribución de las empresas representó el 48,9% del total del gasto en I+D, frente al 56,1% de media europea (2001). Los países de Europa que más financiación obtuvieron en 2001 por parte del sector industrial fueron Finlandia (70,8%) y Suecia (71,9%) (COM, 2003c).

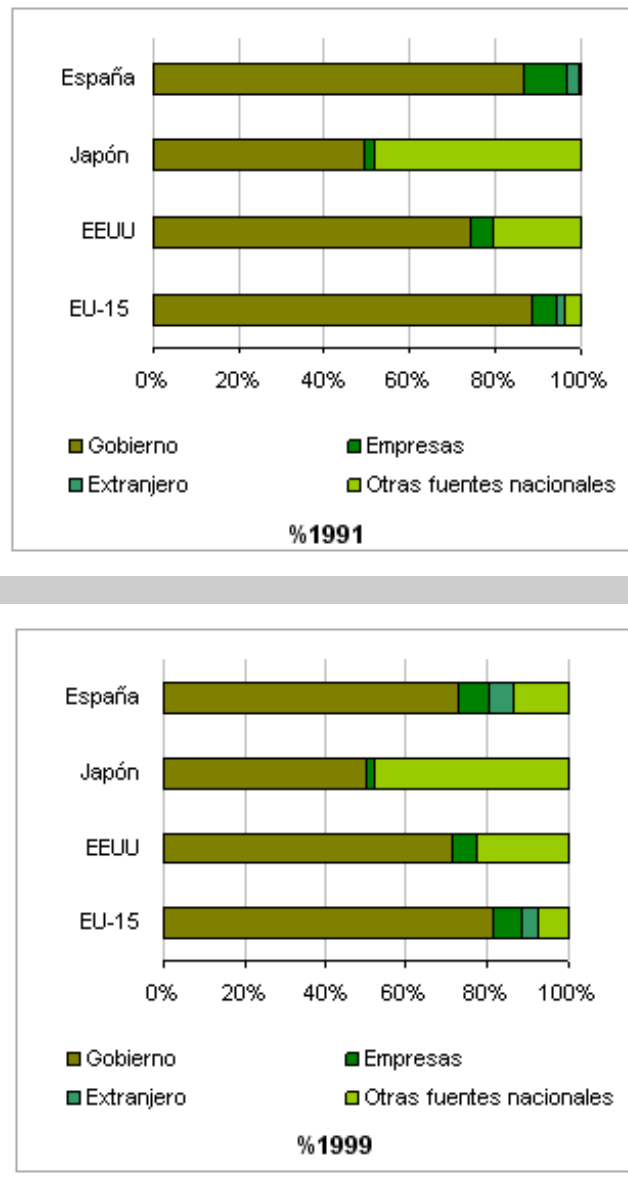
El porcentaje de I+D nacional sufragado por el sector privado (*figura 4*) ha crecido en los últimos años, y está cercano a representar la mitad del gasto realizado en I+D. En consecuencia, la Administración Pública, aunque ha aumentado su contribución en términos absolutos, ha reducido su tasa de representación en el total del gasto de I+D.



Fuente: INE, Estadística de I+D. Extraído de datos proporcionados por el MCYT.

Figura 4. Evolución del gasto en I+D financiado por la industria (no se incluyen IPSFL [9]) y la Administración Pública.

En cuanto a la financiación de la I+D de la educación superior, en todos los países europeos los fondos públicos soportan la mayor parte. En la UE-15 representaron el 81% en 1999, como se muestra en la *figura 5*. Sin embargo, en algunos países, también son importantes otras fuentes de ingresos: un rasgo significativo reciente en el sistema de I+D de la UE, es la contribución creciente del sector privado a la financiación de la I+D realizada en el sector público y en el de enseñanza superior. En 1999, las empresas financiaron el 6,9% de los gastos en investigación de la Universidad, alcanzando un valor relativo superior al de Estados Unidos (6,3%) o Japón (2,3%).



Fuente: COM (2003b).

Figura 5. Comparativa del gasto en I+D en enseñanza superior por fuente de financiación.

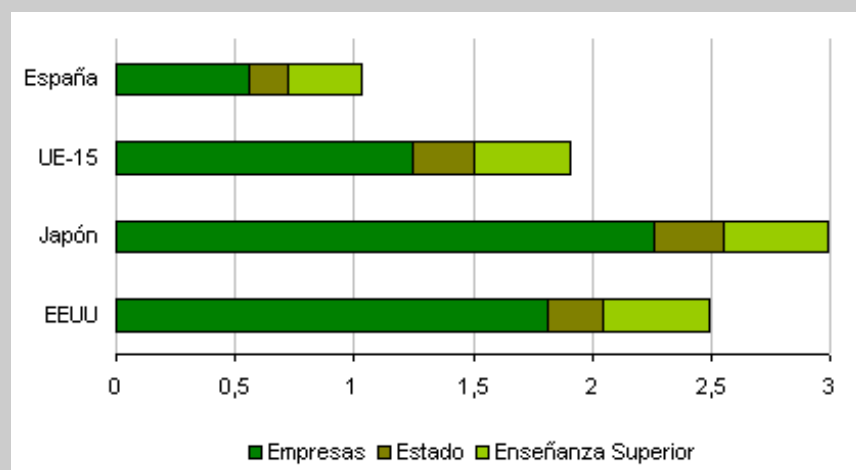
A lo largo de la década de los 90 se experimentaron algunos cambios generalizados. En primer lugar, el sector privado incrementó su participación en la financiación en un 1%, tanto en EEUU (5,3% en 1991) como en Europa (5,9% en 1991). Entre los países miembros de la UE, Alemania (11,3%), Bélgica (10,9%) y España (7,7%) son los que más contribución presentaron por parte del sector privado a la investigación universitaria (1999). La tendencia creciente del sector empresarial a aumentar su participación en la financiación universitaria indica que las empresas tienen interés en explotar la I+D pública, y que las instituciones públicas de investigación tratan de intensificar su cooperación con las empresas para rentabilizar sus resultados.

Según los últimos datos disponibles (2001), en España alrededor del 8% de la I+D ejecutada por las universidades y los organismos públicos de investigación es financiada por las empresas (OCDE, 2004). Este valor es superior al de la media de la UE-15, que ronda el 6,5%. El dato español posiciona al país entre aquellos en los que la Universidad más obtiene de las empresas mediante flujo financiero directo. El nivel de participación industrial en la I+D pública en España es similar al de países como Reino Unido, Finlandia o Noruega. Es importante señalar que la mayoría de los países europeos presenta porcentajes de nivel de participación en la universidad, mediante este sistema, muy bajos (en muchos casos inferiores al 5%).

Gasto en I+D por sectores de ejecución

En el apartado anterior se han revisado datos de I+D en función de los diferentes agentes que destinan fondos a esta actividad. Éstos no coinciden exactamente con los que realizan investigación y desarrollo: los cuatro sectores de ejecución de la I+D son el Estado (en España, sus organismos públicos de investigación y otras instituciones de características similares), las empresas, la enseñanza superior (principalmente universidades) y "otros" (a veces, instituciones privadas sin ánimo de lucro).

En 2001, el gasto en I+D ejecutado por el sector privado sobre el total de gasto, fue de 73,7% en Japón, 72,9% en EEUU y 65,3% en la Unión Europea (COM, 2003c). En la zona OCDE, la I+D realizada por las empresas ha crecido regularmente a lo largo de las dos últimas décadas, acelerándose durante la segunda mitad de los años 90. Esto se ha debido, sobre todo, a dos factores. El primero, el repunte de la I+D en las empresas estadounidenses, que ha aumentado a razón de 3,9% por año entre 1995 y 2002. En segundo lugar, el avance en la Unión Europea, que ha sido del 4,6% anual entre 1995 y 2001 (OCDE, 2004).

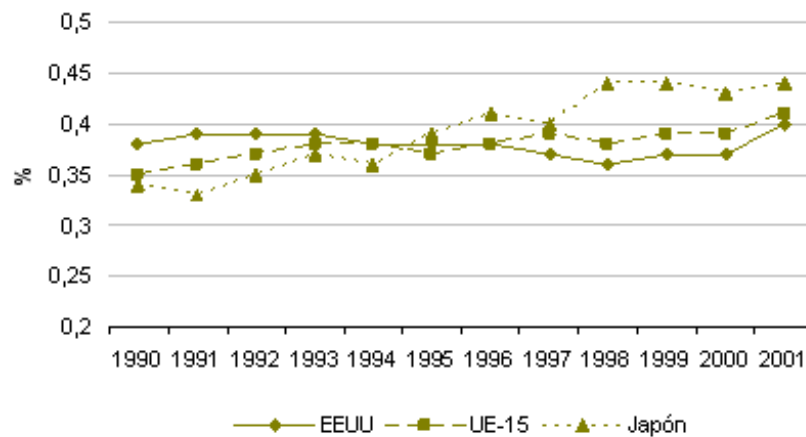


Fuentes: OCDE (Principales indicadores de Ciencia y Tecnología 2003/2, extraídos de MCYT) e INE (Indicadores de Ciencia y Tecnología 2002).

Figura 6. Gasto en I+D por sector de ejecución. Porcentaje sobre PIB. Últimos datos disponibles: EEUU, 2003; Japón y UE-15, 2001; España, 2002.

En los países de la OCDE, el sector de enseñanza superior realiza en torno al 17% del conjunto de la I+D nacional (OCDE, 2004). En la [figura 6](#) se muestra como en el caso de la Unión Europea, Estados Unidos y Japón, el gasto en I+D ejecutado por las universidades significó en 2001 alrededor de un 0,4% del PIB.

El rol de las universidades en la ejecución de la I+D pública ha ido cobrando mayor importancia durante la última década. La I+D realizada por el sector de la enseñanza superior ha progresado durante los años 90 ([figura 7](#)). Con respecto al PIB, el porcentaje de gasto ejecutado por las universidades ha aumentado ligeramente en la Unión Europea, y se ha incrementado de manera notable en Japón (país con escaso crecimiento económico, por otra parte). Mientras que el gasto total de I+D pública ha permanecido más o menos constante respecto al porcentaje del PIB, la proporción de gasto adjudicado a las universidades frente a aquél de los organismos públicos de investigación (OPIs) se ha visto modificada ligeramente a favor de las primeras (OCDE, 2002c). Esta disminución de gasto en OPIs se justifica, en el caso de algunos países, por la reducción desde el comienzo de la década de los 90 del presupuesto dedicado a la I+D militar.

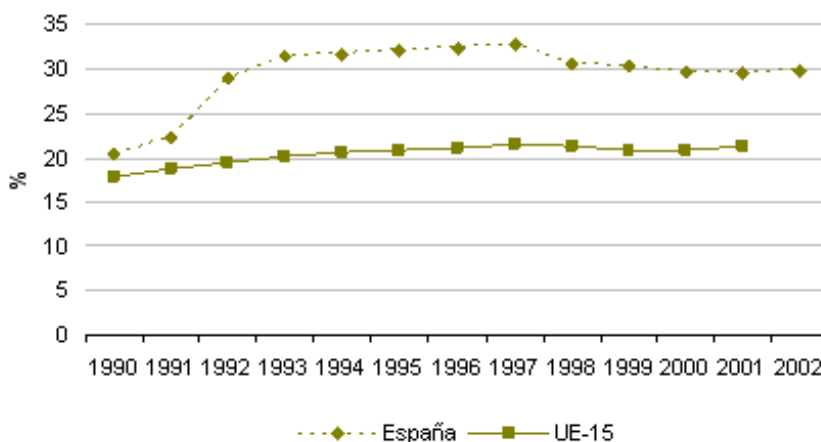


Fuente: OCDE (Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología 2003/2, extraídos del MCYT).

Figura 7. Evolución del gasto en I+D ejecutado en el sector de la enseñanza superior. Porcentaje sobre el PIB.

En cuanto al gasto por sector de ejecución en España, la mayor parte del mismo es realizado por empresas e IPSFL (54,8% del total de gasto en 2002). El porcentaje de ejecución efectuado por empresas resulta superior en algunos puntos al financiado por este colectivo (49,6%). Este valor se encuentra por debajo de la media europea (65,3% en 2001), y coloca a España a bastante distancia de los países europeos con tasas más altas de ejecución privada (en 2001, Suecia 77,6%; Bélgica, 71,6%; Finlandia, 71,1% y Alemania, 70%).

Por otra parte, el gasto ejecutado por el sector de enseñanza superior español representó, en 2002, el 29,8% del total de gasto (0,31% del PIB). El dato es algo más elevado que el recogido para la media de la Unión Europea (UE-15, 21,2% en 2001). La *figura 8* refleja como, en Europa, la ejecución de la I+D por parte de este sector ha representado, a lo largo de la última década, un porcentaje menor en el gasto total en I+D que en España: a nivel nacional, la investigación universitaria tiene más peso en el balance total de ejecución del gasto en I+D.



Fuente: INE (Indicadores de Ciencia y Tecnología 2002) y OCDE (Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología 2003/2, extraídos del MCYT).

Figura 8. Evolución del porcentaje de gasto en I+D ejecutado en la enseñanza superior. Porcentaje sobre el total de gasto en I+D.

Se concluye pues que el gasto total nacional en I+D es sensiblemente inferior a la media europea, al igual que lo es el porcentaje de este gasto sufragado por las empresas. La investigación universitaria, especialmente significativa en España, se soporta principalmente mediante fondos públicos. No obstante, existe una tendencia generalizada al aumento de la participación del sector privado en su financiación, factor que deja entrever

un interés creciente de las empresas en los resultados de investigación producidos en la Universidad.

Cuadro 2. Gasto en I+D por sector de ejecución en la Comunidad de Madrid.

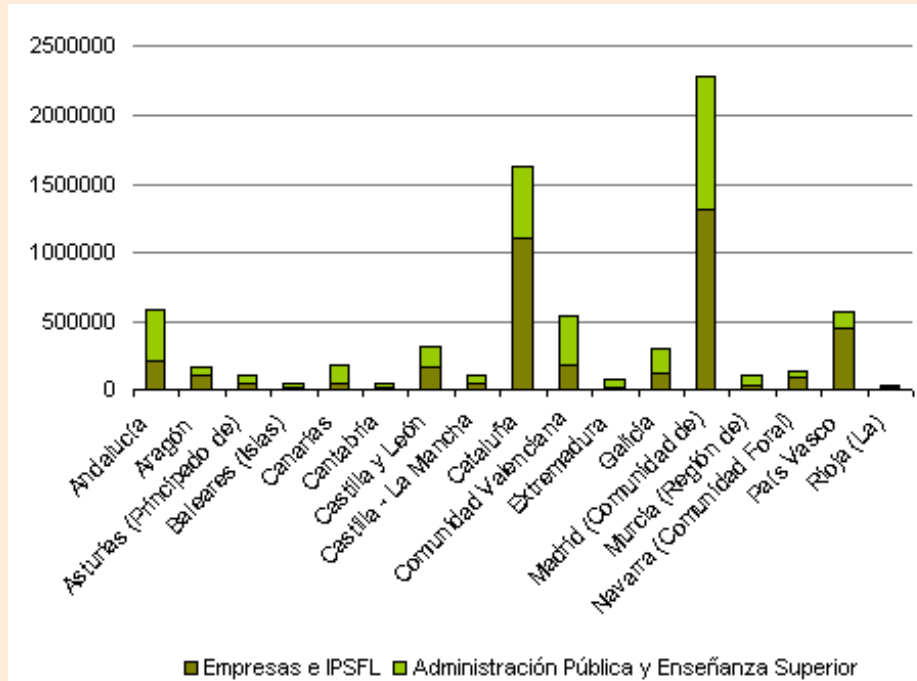


Figura C2. Gasto en I+D (miles de euros) por sector de ejecución y Comunidad Autónoma.

Fuente: INE. Estadística de I+D. Indicadores básicos 2002.

En la Comunidad de Madrid el sector privado ejecuta el 58,09% del gasto interno en I+D, y el sector público el 41,91%. A pesar de estar por encima de la media nacional en ejecución empresarial (54,82%), la Comunidad de Madrid dista de otras Autonomías en las que la industria realiza porcentajes más altos de I+D (75%, el País Vasco; 68,91%, Navarra o 68,63%, Cataluña). Esta situación se debe, en parte, a que la CM condensa gran parte de la actividad de I+D pública: el 51,63% del gasto nacional atribuido a la Administración Pública se realiza en esta Comunidad. Por otra parte, la actividad del sector de enseñanza superior madrileño supone el 17,85% del total atribuido a universidades.

3. Datos de producción científica

Así como la producción tecnológica de un país se mide, en ocasiones, en número de patentes por cada millón de habitantes, la producción científica se cuantifica habitualmente mediante el número de publicaciones generadas. La publicación de los resultados de investigación, junto con su presentación en congresos, es considerada como el medio natural de difusión tecnológica. Bien es cierto que la diseminación de los resultados de investigación de esta forma no produce un retorno económico directo que justifique directamente su inversión, pero este proceso es esencial para que el ciclo del conocimiento se ejecute. Por otra parte, la publicación pasaría de considerarse un medio de difusión a uno de transferencia si hubiera un tejido industrial con recursos capaces de aprovechar estos nuevos conocimientos. Normalmente, el *know-how* que se recoge en las publicaciones científicas no tiene el grado de madurez suficiente que haga fácil su aplicación inmediata. Por ello, las empresas suelen utilizar este tipo de documentación para realizar actividades de prospectiva tecnológica y evaluar tendencias, más que para transformar el conocimiento de la publicación en una innovación.

En cualquier caso, indicadores como el número de publicaciones, el nivel de cita de artículos o el impacto científico de lo publicado, a pesar de ser imperfectos, son tomados cada vez más en cuenta en las decisiones políticas relacionadas con la I+D de manera directa o indirecta, a través de mecanismos de incentivación o promoción personal (COM, 2003c). Por otra parte, la efectividad de la financiación de I+D se observa también por la calidad de la investigación ejecutada. Esta investigación arroja resultados que, en la

mayoría de los casos, dadas las características de la cultura investigadora, se transforman en artículos científicos que se publican en revistas de amplia difusión entre la comunidad científica, y se recogen en bases de datos especializadas que facilitan en gran medida el acceso a estos recursos.

La producción científica ha progresado en prácticamente en todos los países de la OCDE durante los últimos años. Desde mediados de la década de los 90, la Unión Europea (UE-15) ha sobrepasado a los Estados Unidos y se ha transformado en la mayor productora de conocimiento publicado ^[10]. Al final de la década, la distancia entre ambos fue del 6%, a favor de la UE-15. A pesar de esta situación favorable para Europa, que refuerza las tesis sobre la paradoja (COM, 1995) que enfrenta a la producción de conocimiento y a su repercusión económica, en 2002 la UE-15 ha experimentado un descenso del 2,1% respecto al nivel conseguido en el 2001. Similar es el caso de Japón, y contrario el de EEUU, país que parece repuntar en su producción a partir del año 2000 (COM, 2003c).

Dentro de Europa, son los países nórdicos (Suecia, 1598 publicaciones por millón de habitantes en 2002; Dinamarca, 1332; Finlandia, 1309) y Suiza (1757) los más prolíficos en términos de número de publicaciones por millón de habitantes. En cierta manera, esto se puede explicar teniendo en cuenta el perfil científico del país y las tasas de publicación dependientes de la disciplina científica de especialización ^[11].

Por otra parte, existe una correlación entre productividad científica e inversión realizada en I+D, sobre todo en los países que más alto número de publicaciones por millón de habitantes presentan. En el caso de algunos, como Estados Unidos o Japón, esta correlación no es tan elevada, posiblemente debido a que la mayor parte de su inversión en I+D la lleva a cabo el sector privado, siendo los organismos públicos de investigación y las universidades los entornos más proclives a publicar.

En 2002, España sumó 567 publicaciones por cada millón de habitantes, con un crecimiento que fue del 4,3% durante los años 1995-2002. En este período, la UE-15 mejoró en un 2,1%, alcanzando las 673 publicaciones por millón de habitantes (2002). Un aumento menor consiguió EEUU, que ascendió 0,7% y alcanzó las 774 publicaciones por millón de habitantes. Los datos de crecimiento de España son relativamente buenos, pues sólo los países con menor presencia científica consiguen tasas mayores al 5%. En la última década, los investigadores residentes en España han seguido aumentando su cuota de presencia en las bases de datos internacionales que recogen las publicaciones de prestigio, como se recoge en la tabla 1.

Tabla 1. Producción científica en España.
Número de trabajos realizados en instituciones españolas, en las que al menos un autor pertenece a la institución.

Fuente: Ministerio de Ciencia y Tecnología a partir de CINDOC.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Nº publicaciones científicas	11.903	13.824	15.309	16.214	18.283	20.080	22.077	23.783	25.065	24.073	26.349
Public. en % de la producción mundial	1,68	1,91	2,01	2,02	2,12	2,23	2,35	2,51	2,57	2,44	2,69

Como se ha comentado, otro dato a tener en cuenta a la hora de perfilar la situación productiva de material científico en un país es el área de especialización de las publicaciones. En España se publica sobre todo en el campo de la medicina clínica (24,7% de las publicaciones en 2001), seguido de la química (18,5%), biomedicina (13,9%) física (11,7%), y biología (10,7%). El ámbito de la ingeniería y la tecnología representó en 2001 el 7,8% del total de publicaciones realizadas a nivel nacional, siendo la media de la UE-15 el 8,1% ^[12] (NSF, 2004).

Por sectores institucionales, la Universidad es la principal productora de publicaciones

científicas, con el 60,4%. Los hospitales alcanzan el 25,0%, y el CSIC, el 20,3% (CINDOC, 2004).

Cuadro 3. Producción científica en la Comunidad de Madrid.

En cuanto a producción científica, según datos del Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC-CSIC), la Comunidad de Madrid es la región española que ocupa el primer puesto de productividad (medido en función del número de publicaciones por habitante, y PIB), aunque en el período 1996-2001 presentó menor crecimiento (21%) que la media nacional (25%). En la Comunidad de Madrid se efectuaron, durante el año 2001, el 29,2% de las publicaciones nacionales recogidas en la base de datos SCI (publicaciones internacionales) y el 31% de la ICYT (publicaciones nacionales).

Por sectores, la Universidad fue la principal productora de publicaciones SCI durante el sexenio 1996-2001, con un 43,7% del total. La física fue el área temática más destacada (29%), seguida de la biomedicina y de la química. Por su parte, las empresas representaron el 3,1% de la producción total, y se centraron mayoritariamente en la biomedicina (42,2%).

Tabla C3. Porcentaje de producción científica nacional (SCI) y de la Comunidad de Madrid durante el sexenio 1996-2001 atribuido a las universidades, por área temática.

Fuente: Indicadores de Producción Científica y Tecnológica de España (1996-2001), CINDOC (CSIC).

	Comunidad de Madrid		España	
	Total	Universidad (%)	Total	Universidad (%)
Biomedicina	10702	26,4	32259	26,5
Medicina Clínica	8854	10,8	31081	11,6
Física	7601	29,0	21999	22,3
Química	5474	19,1	21879	24,4
Ingeniería, Tecnología	4714	17,5	14205	15,6
Agricultura, Biología y Medio Ambiente	4478	14,6	18996	18,4
Matemáticas	801	4,9	3612	5,0
Multidisciplinar	332	1,0	863	0,8

4. Recursos humanos

En la [tabla 2](#) se observa que la distribución de investigadores por sector de ocupación es muy diferente de unos países a otros. En el caso de Estados Unidos y Japón, la mayor concentración se encuentra en el sector privado. Aunque con diferencia significativa, igualmente en la UE-15 resulta este sector el más representativo, pues agrupa a algo menos de la mitad del total de los investigadores.

En España, por el contrario, la Universidad es la estructura que alberga más investigadores. Los profesionales que desarrollan su actividad en las empresas son menos del 25% del total. España ha presentado una buena tasa de crecimiento en número de investigadores durante los últimos años; en 2001, se alcanzaron los 80.081 investigadores, a los que se hay que sumar 28.460 técnicos y 17.209 auxiliares dedicados además a actividades de I+D.

Tabla 2. Distribución de investigadores por sector de ocupación, y gasto medio anual por investigador, datos de 2001. Fuente: COM (2003c).

	En % por sector			Número total de investigadores	Media anual de crecimiento en % 1996-2001	Gasto anual por investigador (1000 € corrientes)
	Empresa	Estado	Educación Superior			
UE-15	49.7	13.4	34.5	972448	3.90	171
EEUU	80.5	3.8	14.7	1261277	4.28	182

Japón	63.7	5.0	29.6	675898	1.83	212
España	23.7	16.7	58.6	80081	9.17	78

El gasto anual por investigador, siempre entendido como resultado de dividir el gasto en I+D total por el número de investigadores, muestra que el país con mejores resultados es Japón. Le sigue Estados Unidos, y a poca distancia la UE-15. España, dadas sus cifras de gasto en I+D, presenta valores bastante inferiores a los deseados, muy alejados de la media europea.

Respecto al gasto por investigador por sector, los profesionales más "favorecidos" parecen ser los que trabajan para organismos públicos de investigación en el caso de EEUU y Japón (361.000 y 404.000 €/investigador, respectivamente). Mientras, en la UE-15 y en España, son los que desarrollan su labor en el sector empresarial (225.000 y 172.000 €/investigador).

Cuadro 4. Recursos humanos en la Comunidad de Madrid.

En la Comunidad de Madrid, hay 15,39 profesionales en equivalencia a jornada completa dedicados a la I+D por cada mil empleados, cifra que duplica a la media nacional (7,7). El 56,05% de estos trabajadores desarrollan su actividad en la Administración Pública y universidades y el 43,95% que lo hacen en empresas e IPSFL (42,32%), frente al 57,68% y 43,95% de la media del país.

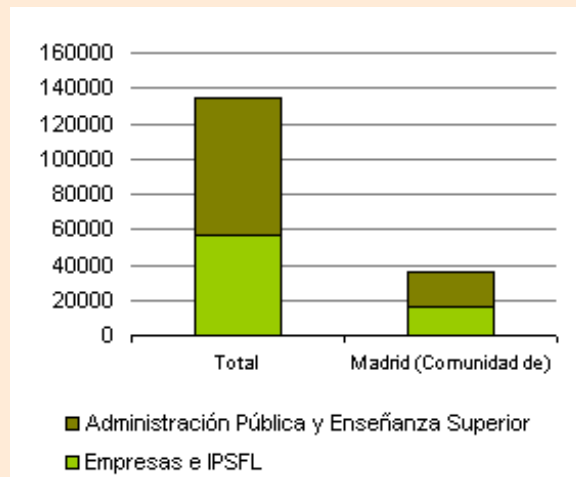


Figura C4. Personal (en equivalencia a jornada completa) dedicado a la I+D por sector de ejecución

Fuente: INE. Estadística de I+D. Indicadores básicos 2002

5. Relaciones ciencia-industria, algunos indicadores

Los flujos financieros directos son un indicador de la cooperación entre las empresas y otros actores del sistema de ciencia e innovación de un país (OCDE, 2002c). En el caso de las universidades y los organismos públicos de investigación, el sector privado financia una parte creciente de la I+D ejecutada. El porcentaje de I+D sufragada de esta forma asciende al 5,2% del total del gasto en I+D atribuido a OPIs y universidades (países OCDE). A pesar de la creciente importancia de esta fuente de financiación en numerosos países, ésta no representa aún un porcentaje significativo del total: como ya se ha comentado, la Unión Europea tiene una participación empresarial en la I+D universitaria que está en torno al 6,5%, EEUU ronda el 3,6%, Japón la estima en alrededor del 2%, y en España representa el 8% sobre el total de la I+D ejecutada en el sector de la educación superior (OCDE, 2004).

Otro indicador que mide la relación de la Universidad con el sector privado es el número de artículos científicos citados en patentes concedidas. Durante los años 90, este factor ha crecido considerablemente, debido a la facilidad de acceso a las bases de datos electrónicas de publicaciones científicas, y también por el aumento de las empresas de base científico-tecnológica, donde la tendencia a citar fuentes bibliográficas es mayor que en los sectores tradicionales. El crecimiento de este indicador ha sido, de todas maneras,

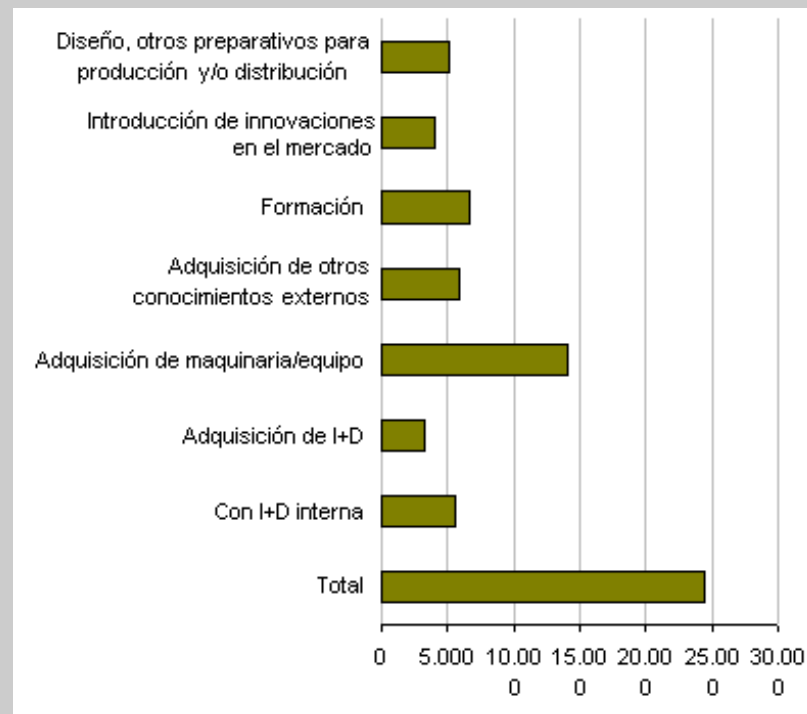
desigual en los diferentes países de la OCDE. Su relevancia es mayor en ciertas economías como las de Europa central y del norte, y Norteamérica (OCDE, 2004).

Esta sucinta presentación de la situación internacional de la colaboración entre Universidad y empresa quiere servir de marco general a este apartado, en el que se recogen algunos indicadores que perfilan las características de las empresas innovadoras españolas, y reflejan sus preferencias en cuestión de colaboración para la innovación.

Indicadores sobre la actividad innovadora de las empresas en España

Según la "*Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas 2002*" que realiza el Instituto Nacional de Estadística, durante el período 2000-2002 había en España más de 35.000^[13] empresas innovadoras o con innovaciones en curso o no exitosas, lo que significaba que el 22,67% del total de empresas españolas estaban involucradas de alguna manera en un proceso de innovación. Según rama de actividad, el 57,13% de las empresas aeronáuticas y el 49,52% de las empresas de la industria química eran empresas innovadoras. En el sector servicios, el 48,8% del total de empresas asumieron procesos de innovación, como igualmente lo hicieron el 44,72% del total de empresas dedicadas a actividades informáticas.

La Encuesta consideró "innovadoras" las siguientes actividades: 1) Investigación científica y desarrollo tecnológico realizado internamente, 2) Adquisición de I+D o I+D externa, 3) Adquisición de maquinaria y equipo, 4) Adquisición de conocimientos, 5) Formación, 6) Introducción de innovaciones en el mercado y 7) Diseño y otros preparativos para producción y/o distribución. La *figura 9* muestra cómo la actividad más común en las empresas innovadoras fue la adquisición de maquinaria y equipo, y la menos acometida, la compra de I+D a proveedores externos.

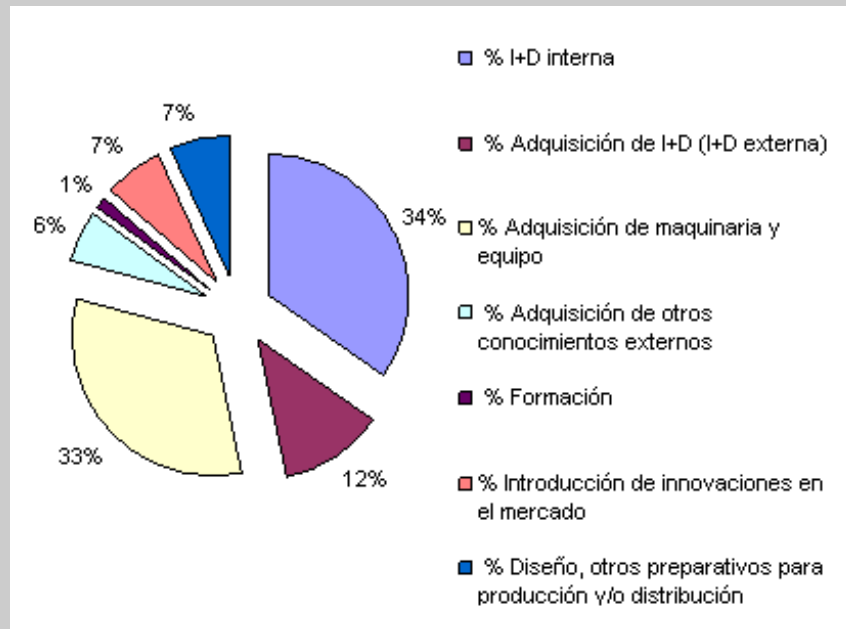


Fuente: INE. Encuesta sobre innovación tecnológica. Año 2002.

Figura 9. Empresas innovadoras por actividad.

Por otra parte, la realización de I+D interna supuso la mayor parte del gasto acometido durante 2002; es decir, aunque sólo 5.526 empresas sobre el total de innovadoras invirtieron en esta actividad, el gasto que ésta representó fue significativo (figura 10), y sólo comparable al de adquisición de equipos (práctica, por otra parte, mucho más extendida). De la misma forma, el número de empresas que adquirieron I+D resultó relativamente bajo (3.198 empresas en 2002 según el INE), y sin embargo, el gasto que representó esta actividad alcanzó alrededor del 12% del total de gasto efectuado.

Por otra parte, la realización de I+D interna supuso la mayor parte del gasto acometido durante 2002; es decir, aunque sólo 5.526 empresas sobre el total de innovadoras invirtieron en esta actividad, el gasto que ésta representó fue significativo (figura 10), y sólo comparable al de adquisición de equipos (práctica, por otra parte, mucho más extendida). De la misma forma, el número de empresas que adquirieron I+D resultó relativamente bajo (3.198 empresas en 2002 según el INE), y sin embargo, el gasto que representó esta actividad alcanzó alrededor del 12% del total de gasto efectuado.



Fuente: INE. Encuesta sobre innovación tecnológica. Año 2002

Figura 10. Distribución del gasto en innovación que realizan las empresas por actividad.

Indicadores de colaboración universidad-empresa en España

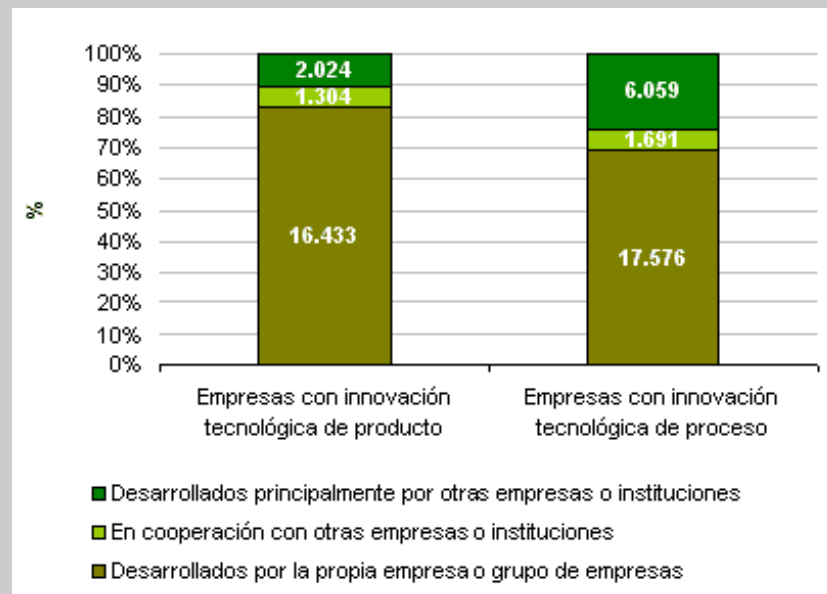
En el ámbito europeo (*tabla 3*), las grandes empresas son las que más colaboran con las universidades, siendo un 10% respecto del total de empresas innovadoras las empresas que señalaron a la universidad como fuente de información relevante para la innovación (última encuesta CIS ^[14]).

Tabla 3. Porcentaje de empresas europeas con actividad innovadora que han citado la fuente de información relevante para la innovación, 1998-2000

	Total	Pequeñas	Medianas	Grandes
Dentro de la empresa	38	34	41	70
Otras empresas del grupo	9	6	14	31
Proveedores	20	19	18	29
Clientes	28	26	30	47
Competidores y otras empresas del mismo sector	12	11	13	21
Universidades	5	4	5	10
OPIs	3	2	3	6
Conferencias, revistas, etc.	11	11	10	16
Ferias y muestras	16	16	15	17

Fuente: Eurostat, NewCronos.

En España, los valores están por debajo de los obtenidos en la media europea: el 7% de las grandes empresas, el 5% de las medianas y el 2% de las pequeñas consideraron que la universidad es proveedora interesante de conocimiento. Suecia es un país que destaca en este ámbito, el 10% de las grandes empresas, el 12% de las medianas empresas y el 5% de las pequeñas valoraron el apoyo de la universidad (COM, 2004).



Fuente: INE. Encuesta sobre innovación tecnológica. Año 2002.

Figura 11. Porcentaje de innovaciones realizadas en función de la forma de desarrollo.

En el contexto nacional (año 2002), del total del grupo de empresas innovadoras o con innovaciones en curso o no exitosas, 5.684 organizaciones (un 16% del total de empresas innovadoras) realizaron su innovación en colaboración con otros agentes. En la [figura 11](#) se refleja como la mayoría de las innovaciones formalizadas por el sector empresarial fueron llevadas a cabo endogámicamente, por la empresa innovadora o por el grupo al que pertenecían. El 16,6% de las empresas con innovación tecnológica de producto recurrieron a la cooperación para el desarrollo de su innovación. En el caso de las innovadoras en proceso, este porcentaje ascendió hasta 30,6%.

La cooperación se llevó a cabo principalmente con proveedores (un 43,0% del total), con universidades (un 29,0% del total) y con expertos y firmas consultoras (un 22,3% del total), aunque hubo otros agentes que también satisficieron las necesidades de las empresas (tabla 4).

Tabla 4. Empresas que han cooperado en innovación en el período 2000-2002.

	TOTAL	%
Empresas que han cooperado en innovación en el período 2000-2002	5.684	100,0
Con otras empresas de su mismo grupo	757	13,3
Con clientes	875	15,4
Con proveedores	2.446	43,0
Con competidores/empresas de su misma actividad	758	13,3
Con expertos y firmas consultoras	1.265	22,3
Con laboratorios comerciales/empresas de I+D	519	9,1
Con universidades	1.646	29,0
Con organismos públicos de I+D	779	13,7
Con centros tecnológicos	972	17,1

Fuente: INE, Encuesta de Innovación Tecnológica 2000-2002, resultados provisionales.

El 19% de las empresas consideraron importante su colaboración con la Universidad^[15], que fue el agente más valorado después de los proveedores. Éstos últimos condensan la mayor parte de la cooperación empresarial.

Con estos datos, se observa que el porcentaje de empresas que colaboran para la innovación con otros agentes sobre el total de empresas innovadoras, es relativamente pequeño. Sin embargo, y teniendo en cuenta la disparidad de actividades de innovación que se contemplan en las cifras estudiadas, entre las empresas innovadoras que buscan apoyo fuera de su organización, las universidades son un recurso moderadamente valorado y utilizado.

Cuadro 5. Actividad empresarial innovadora en la Comunidad de Madrid.

En la Comunidad de Madrid, durante el período 2000-2002, un 20,88% de las empresas regionales se pudieron considerar innovadoras (6.255 en total). La actividad innovadora que más gasto acumuló fue la I+D interna (33,25% del total del gasto), seguida de la adquisición de maquinaria y equipo (27,68%). Respecto a cooperación, el 18,9% de estas empresas buscaron soporte en otros agentes para apoyar sus procesos de innovación. Prácticamente la mitad de estas empresas (49,1%) recurrieron a proveedores, y clientes y otras empresas del mismo grupo fueron elegidas por el 23,2% de las organizaciones. El 22,7% de las empresas que establecieron relaciones de cooperación lo hicieron con universidades (COTEC, 2004b).

6. CONCLUSIONES

Las discontinuidades tecnológicas, el vertiginoso ritmo de avance de algunas tecnologías y su complejidad, la convergencia de los mercados, el carácter multidisciplinar de gran parte de los productos y servicios, el incremento de los estándares que afectan significativamente a los desarrollos tecnológicos y el aumento de la intensidad de I+D necesaria para sobrevivir en un entorno global, hacen que las empresas no puedan permanecer aisladas a la hora de abordar los procesos de innovación, viéndose obligadas a buscar en otras fuentes el conocimiento y la tecnología necesarios para mantener su competitividad.

A la Universidad, por su parte, se le asigna hoy una tercera misión que trasciende las que tradicionalmente le son atribuidas. Además de la docencia y la investigación, la institución universitaria ha de ocuparse de encontrar el medio para valorizar y rentabilizar social y económicamente sus resultados de investigación. La creciente apertura hacia el exterior de estas instituciones, la colaboración con la industria y la participación en programas de investigación nacionales y europeos, permiten que los investigadores tomen una mayor conciencia de las necesidades y demandas tecnológicas actuales. Este conocimiento de la realidad puede conducirles a aportar soluciones creativas basadas en tecnologías novedosas.

Para estudiar la realidad de la colaboración universidad-empresa en España, es necesario partir de que, en términos de I+D, la economía española es, en la Unión Europea, de las que menos recursos destina a esta actividad (1,03% del PIB en 2002 frente a la media de la UE-15, 1,98%). Si bien su crecimiento en los últimos años ha sido notable (8% en el período 1997-2001 frente al 4,5% de la UE-15), aún está lejos de alcanzar el de los países que más esfuerzo han dedicado a aumentar su gasto en I+D (Grecia, 16,7% de crecimiento entre 1997-2001; Islandia, 14,4%; Israel, 14,4%).

En este contexto, las empresas sufragan menos I+D que sus homólogas europeas (48,7% del total del gasto nacional en 2001 frente al 56,1% de la UE), aunque su contribución ha crecido en los últimos años. La financiación de la I+D efectuada en las instituciones de educación superior se aborda principalmente mediante fondos públicos, al igual que en la mayor parte de los países europeos. Según los últimos datos disponibles (2001), sólo el 8% de la I+D nacional ejecutada por la Universidad y por los centros públicos de investigación está sostenida por empresas. Sin embargo, parece que existe una tendencia creciente por parte del sector empresarial a aumentar su participación en la financiación universitaria, hecho que indica que las empresas se muestran cada vez más interesadas en la explotación de los resultados de investigación procedentes de la Universidad. En el período

2000-2002, el 29% de las empresas españolas consideradas innovadoras cooperaron con universidades, siendo la Universidad el segundo agente preferido por las organizaciones que abordaron procesos de innovación, solamente superado por los proveedores.

En términos absolutos, la investigación universitaria representó en España, durante 2002, el 29,8% del total del gasto ejecutado en I+D, porcentaje superior al de la media de países europeos. Por otro lado, la Universidad es la principal productora de publicaciones científicas (60,84% del total en 2001), y reúne a más de la mitad de los investigadores existentes en el país (58,6% en 2001).

Estos cuatro hechos relativos a la situación actual de la Universidad española (gran porcentaje de ejecución del gasto de I+D, proclividad creciente del sector productivo a la colaboración con estas instituciones, productividad científica y número elevado de recursos humanos) sugieren que esta institución puede jugar un papel dominante en el crecimiento económico, sirviendo como fuente de nuevo conocimiento que permita la innovación y la mejora de la capacidad productiva del país.

Este trabajo ha sido posible gracias al patrocinio del Consejo Social de la UPM.

REFERENCIAS

CINDOC (2004): *Proyecto de obtención de indicadores de producción científica y tecnológica de España*.

En Internet [www.cindoc.csic.es/investigacion/informe1.pdf], accedido el 1 de octubre de 2004.

COM (1995): *Libro Verde de la Innovación*. Comisión Europea, Luxemburgo.

COM (2002): Good practice in industry-science relations. *Benchmarking papers, nº 5* - 2002. Comisión Europea, Luxemburgo.

COM (2003a): *El papel de las universidades en la Europa del conocimiento*. Comisión Europea, Bruselas.

COM (2003b): *Third European Report on Science & Technology Indicators*. Comisión Europea, Luxemburgo.

COM (2003c): *Towards a European Research Area. Science, Technology and Innovation. Key Figures 2003-2004*. Comisión Europea, Luxemburgo.

COM (2004): *Innovation in Europe. Results for the EU, Iceland and Norway*. Comisión Europea, Luxemburgo.

COTEC (2004a): *El Sistema Español de Innovación. Situación en 2004*. Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, Madrid.

COTEC (2004b): *Libro Blanco de la Innovación en la Comunidad de Madrid*. Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, Madrid.

NSF (2004): *Science and Engineering Indicators 2004*. En Internet [www.nsf.gov/sbe/srs/seind04/c5/c5s3.htm], accedido el 11 de octubre de 2004.

OCDE (2002a): *Benchmarking industry-science relationships*. OCDE, París.

OCDE (2002b): Rapporteurs' summary of the joint Netherlands-OECD expert workshop on the strategic use of IPRS by public research organizations. *Hague IPRS Workshop*, 24 de diciembre de 2002. Room-document 3. OCDE.

OCDE (2002c): *Science, technologie et industrie. Perspectives de l'OCDE*. OCDE, París.

OCDE (2004): *Compendium statistique de la science et la technologie*. OCDE, París.

Notas :

[1] La OCDE clasifica a sus países miembros en cuatro categorías y diez sub-categorías, en función de los principales actores de la I+D nacional.

[2] Dato que incluye investigadores, técnicos y auxiliares.

[3] Datos de los primeros quince países comunitarios.

[4] En los datos procedentes del INE (España) se produce, a partir de 2001, una revisión metodológica que incluye tanto la I+D continua como ocasional que realizan las empresas, lo que incrementa el valor respecto a años anteriores.

[5] Un estudio extenso sobre la situación del Sistema de Innovación de la Comunidad de Madrid puede encontrarse en el Libro Blanco de la Innovación en la Comunidad de Madrid (COTEC, 2004b).

[6] El dato de 2003 para EEUU (cifra provisional) indica un descenso de esta aportación, que en 2001 fue del 67,29% del total.

[7] Valor estimado provisional. Fuente: Eurostat

[8] Ibid

[9] Instituciones privadas sin fines de lucro.

[10] En el año 1997, la UE-15 superó a NAFTA, grupo de países formado por EEUU, México y Canadá, que tradicionalmente concentraba el mayor número de publicaciones.

[11] Un investigador del área de medicina clínica puede publicar, de media anual, diez veces más que un investigador en ingeniería (OCDE, 2002c).

[12] Este dato no incluye la producción científica de Luxemburgo.

[13] Resultados provisionales. La "Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas" está dirigida a 26.015 empresas industriales, de construcción o servicios de 10 o más asalariados. Este estudio ha tenido periodicidad bianual, pero a partir de 2004 se pretende hacer cada año.

[14] La encuesta CIS (Community Innovation Survey) es el principal instrumento estadístico del que se sirve la UE para monitorizar la situación de los países miembros en lo relativo a innovación. La primera encuesta se realizó en 1992, y la última terminada, CIS3, es de 2001. En la actualidad se está efectuando la cuarta encuesta CIS.

[15] INE, Encuesta de Innovación Tecnológica 1998-2000.

